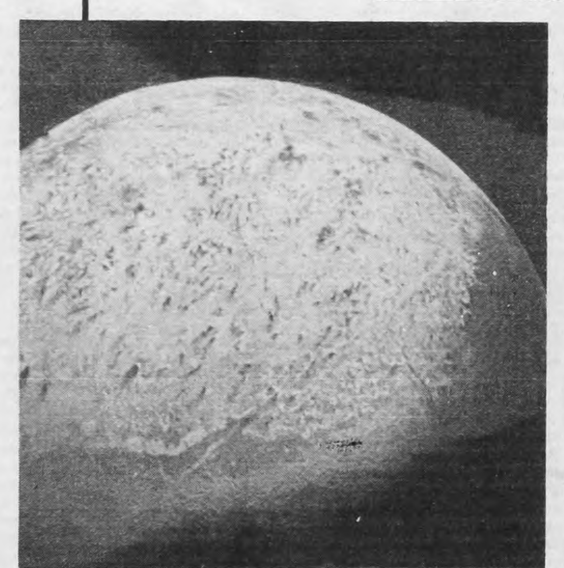
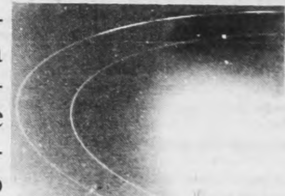
FUTURO



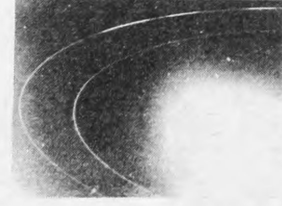


ASTRONOMOS, A LAS AULAS

Bon Voyager



Doce años después de su lanzamiento y con apenas cuatro horas de retraso, el "Voyager II" empezó a fotografiar el planeta Neptuno. Descubrió que tenía anillos, nuevas lunas en su órbita y, por si fuera poco, demostró que no era verde como se pensaba sino azul. El rey mitológico de los mares puede reposar sin cólera: su nombre le ha sido puesto a un astro que lo merece. La sonda, cuya vida útil prevista era de apenas cinco años y anduvo siete de yapa, reveló entonces secretos inauditos de los planetas más lejanos, allí donde los terráqueos telescopios casi nada pueden. Ahora, después de haber devuelto a los astrónomos de todo el mundo a revisar sus teorías, el "Voyager II" sigue viaje y se prepara para, algún día, sorprender a los extraterrestres. Hacia el 2020 cesará sus contactos con la Tierra; poco después (es un decir) entrará en la nebulosa Oort, un fantástico estacionamiento de cometas, allí donde ya no calienta el Sol. Cuatrocientos mil años más tarde alcanzará la constelación de Sagitario. Como una botella echada al espacio y si algo no lo destruye en el camino, tal vez cuando ni siquiera el Hombre exista, el Voyager guardará todavía fotos de nosotros, un disco de oro —nada que ver con los records de ventas— y una púa para escucharlo. En él estarán aún el canto de las ballenas, un vals, un rock & roll de Chuck Berry, un saludito en sesenta lenguas, el ruido de un embotellamiento, el llanto de un bebé. Casi nada. Ruidos mínimos. El último suspiro de una raza.



DOCE AÑOS EN EL ESPACIO

Ad astra per asp

EL PAIS de Madrid (*Por Tasio Camiñas, Madrid*) "Ahora prosigue su camino hacia el más allá. Ha tenido su último encuentro con un planeta. Lo ha logrado y ciertamente lo ha hecho bien." Con estas palabras, Bradford Smith, el jefe del equipo de científicos del Jet Propulsion Laboratory de Pasadena, en California, que ha guiado durante 12 años la marcha de la sonda *Voyager 2* por el sistema solar, daba su adiós emocionado a este ingenio espacial y le deseaba suerte en su infinito viaje interestelar. Entre el alborozo y la tristeza se daba por concluida formalmente, el domingo 27 de agosto, la que muchos científicos han considerado la misión espacial más espectacular forjada por el hombre en este siglo, por encima incluso de la llegada de éste a la Luna. La sonda, tras acercarse a Neptuno y a su luna Tritón, que ha deslumbrado a los científicos, se dirige ahora hacia la heliopausa, la línea imaginaria donde se acaba la influencia del Sol y empieza otro mundo, quizá perteneciente a otra estrella, adonde llegará hacia el año 2012.

La travesía de la *Voyager 2* hasta Neptuno ha supuesto un nuevo hito en la historia de la exploración del espacio por el hombre. Ha sido el logro de la tecnología y del conocimiento. Ahora se conocen con más detalle los cuatro planetas gigantes del sistema solar y sus 23 nuevas lunas, observadas por vez primera, sus misteriosos anillos y dos torbellinos atmosféricos mayores que la Tierra. "Si queréis comprender la Tierra, id a ver otros mundos", ha dicho el científico norteamericano Carl Sagan como epílogo de esta aventura humana, y tras analizar, junto a un equipo de científicos, más de 80.000 fotografías enviadas por las gemelas viajeras.

Han sido más de 5400 millones de kilómetros siderales los que ha recorrido en 12 años esta nave espacial dando señales de vida. El artilugio de 825 kilos, tecnológicamente discreto, ha superado toda clase de riesgos y las mejores expectativas de operatividad que le otorgaban los técnicos. Tras cumplir las últimas órdenes de su misión, enviadas a su cansada memoria desde la estación de Robledo de Chavela, en Madrid, se dirige ahora a una velocidad supersónica hacia otras galaxias, con la esperanza de que alguna hipotética civilización encuentre el mensaje de los humanos que lleva a bordo.

Mensaje musical

En este curioso mensaje, grabado en un disco fonográfico, los llantos de un niño se mezclan con un fragmento de *La flauta mágica*, de Mozart, y un rock and roll de Chuck Berry. Es un mensaje a la americana, que también incluye una placa de aluminio donde están grabados los cuerpos de dos seres humanos desnudos, un dibujo que representa su sistema de reproducción y varias fórmulas matemáticas.

En el disco fonográfico se han registrado también otros sonidos de la Tierra, como el ladrido de un perro y el atasco en una ciudad, entre otros. Además, en él están registradas 118 fotografías de diversos paisajes terrestres, saludos en varios idiomas y mensajes de Jimmy Carter y Kurt Waldheim. En un estuche aparte lleva una aguja para que alguien, si lo encuentra, pueda escuchar y ver el contenido del disco.

Las tres baterías de plutonio que porta la sonda *Voyager 2* podrán proporcionarle energía hasta el año 2015 aproximadamente, fecha límite para que las estaciones de satélites de la Tierra puedan mantener aún algún tipo de contacto radioeléctrico con ella. Se habrá cumplido entonces la última misión interestelar de esta máquina fantástica.

Desde la llegada del *Apolo XI* a la Luna, el 21 de julio de 1969, ninguna misión espacial norteamericana había tenido tanto impacto entre la opinión pública mundial como el que proporcionó, el pasado 25 de agosto de madrugada, la sonda *Voyager 2* al aproximarse a sólo 4800 kilómetros de la atmósfera del planeta Neptuno. En los años sesenta, la década dorada para Estados Unidos en el espacio, además de llegar a la Luna, los norteamericanos también exploraron Mercurio, Venus y Marte con naves automáticas.

Los científicos de la agencia espacial norteamericana NASA sabían que entre 1976 y 1979 todos los planetas exteriores de nuestro sistema solar se alinearían sobre un mismo plano.

Este hecho sólo se produce cada 176 años. Por esta razón un equipo de científicos propuso un proyecto denominado *El gran viaje*, que pretendía enviar cuatro naves automáticas a explorar los cuatro grandes planetas de nuestro sistema solar. Pero por entonces la administración de Richard Nixon ya había decidido reducir drásticamente los gastos del espacio. Al final sólo se construyeron dos sondas gemelas, la *Voyager 1* y la *Voyager 2*.

El programa ha costado poco más de 860 millones de dólares, menos de lo que cuestan dos superbombarderos *invisibles*, y ha servido, entre otras cosas, para mostrar al mundo la extraña belleza y el misterio de nuestros vecinos planetas gigantes y sus satélites.

Pero lo más sorprendente es que esta aventura haya sido realizada por un aparato automático, un robot, provisto de seis pequeños ordenadores, con una capacidad de almacenamiento de información de 540 millones de *bits* —capacidad relativamente pequeña en comparación con la de los ordenadores actuales—, dos cámaras de televisión (telefoto y gran angular), un fotopolarímetro, una antena parabólica de 3,7 metros de diámetro y 11 instrumentos científicos.

Entre éstos cabe destacar los detectores de plasma y rayos cósmicos, los sensores de infrarrojo y ultravioleta, varias antenas y un magnetómetro para registrar las condiciones que rodean a los planetas. Con el éxito de esta misión se ha cuestionado una vez más la necesidad o no de las misiones tripuladas, mucho más costosas y de resultados quizá menos significativos.

A lo largo de estos difíciles 12 años de viaje, y olvidada por la gran mayoría, la sonda *Voyager 2* sufrió algunos desperfectos que, sin embargo, no le impidieron en ningún momento seguir desempeñando notablemente su labor. Perdió parte de su memoria y la capacidad de sus sensores disminuyó. Incluso el engranaje de una de sus torretas quedó atascado. Pero los técnicos de Pasadena no cejaron en su empeño y lograron desde tierra darle las órdenes oportunas para que actuara de forma adecuada y en el momento justo.

Se puede decir que su memoria fue trasplantada casi por completo en su trayectoria de Saturno a Urano, una labor de alta tecnología que ha recibido una respuesta no menos calificada por parte de los cerebros electrónicos de la sonda. Programados en un principio para recoger datos sobre Júpiter y Saturno, las computadoras de a bordo fueron reprogramadas para subsanar algunas anomalías y para que pudieran continuar viaje hacia Urano y Neptuno.

A pesar de estas dificultades, la *Voyager 2*, lanzada al espacio el 20 de agosto de 1977 desde Cabo Cañaveral (Florida), y la *Voyager 1*, enviada tras los pasos de su gemela dos semanas más tarde, han enviado a la Tierra en estos 12 años miles de fotografías y datos y más información sobre los planetas exteriores de nuestro sistema solar y sus satélites que la recogida desde la época de Galileo con todos los telescopios terrestres.

La sonda *Voyager 1* tenía la misión de visitar Júpiter, Saturno y Titán. En 1979, con algunos meses de intervalo, ambas naves espaciales llegaron a Júpiter. En este planeta descubrieron su turbulenta atmósfera y fueron testigos de la existencia de una gran mancha roja, que puede ser el núcleo de un fenómeno tormentoso de inmensas proporciones. La atmósfera de este planeta es muy densa y no ha sido posible indagar en su superficie. La NASA enviará el próximo 12 de octubre hacia Júpiter a la sonda *Galileo*, que se quedará para penetrar en su tupida atmósfera.

Mitología y volcanes

Uno de los descubrimientos más espectaculares de las gemelas viajeras fue la actividad volcánica en el satélite Io. Hasta ese momento no se conocía la existencia de volcanes activos en otro cuerpo celeste que no fuera la Tierra. Los anillos de Júpiter, compuestos de finas partículas de polvo, hielo y rocas, fueron observados con detalle por vez primera, así como sus mitológicos satélites Calisto, Ganímedes, Europa, Io y Amalthea. Estos extraños cuerpos, bien diferenciados, dejaron en las retinas de las sondas espaciales sus huellas y su aspecto vivo unos y su cara pálida, gélida, pétrea y rasgada otros. También se descubrió un campo magnético de baja intensidad entre Io y Júpiter. En las proximidades de Saturno, entre 1980 y 1981, las viajeras se encontraron con los anillos de ese planeta, compuestos de raras partículas. Entre esos anillos y en sus inmediaciones hallaron siete nuevas lunas desconocidas hasta ahora.

La *Voyager 1*, que llevaba una trayectoria más rápida que su gemela, se dirigió hacia Titán, el único satélite del sistema solar, junto con Tritón, que posee atmósfera. La densidad de ésta, compuesta sobre todo de nitrógeno y metano, impidió a la sonda penetrar en los misterios de esta luna de Saturno, pero los científicos creen que una combinación de algunos compuestos que existen en su superficie helada podrían dar origen a ciertas moléculas orgánicas, tal como ocurrió en la Tierra hace millones de años. También opinan que podría haber allí chubascos de hidrocarburos que caerían lentamente sobre mares de etano y metano. Un paisaje sin duda digno de *2001, Odisea del espacio*, de Arthur C. Clarke. La sonda *Cassini*, de la Agencia Espacial Europea (ESA), visitará este satélite a partir de octubre del año 2002.

Con el acercamiento de la *Voyager 2* a Neptuno y la proximidad del final de esta larga travesía se desató el interés internacional. Neptuno, descubierto en 1846 por el astrónomo alemán Johann Galle, era el gran desconocido, pero gracias a esta sonda estadounidense ya no lo es tanto. Su color azul

Júpiter de cerca: foto tomada por el Voyager a apenas 2128 millones de kilómetros.



DOCE AÑOS EN EL ESPACIO

Ad astra per aspera

EL PAIS de Madrid

(Por Tasio Camiñas, Madrid) "Ahora prosigue su camino hacia el más allá. Ha tenido su último encuentro con un planeta. Lo ha logrado y ciertamente lo ha hecho bien." Con estas palabras, Bradford Smith, el jefe del equipo de científicos del Jet Propulsion Laboratory de Pasadena, en California, que ha guiado durante 12 años la marcha de la sonda *Voyager 2* por el sistema solar, daba su adiós emocionado a este ingenio espacial y le deseaba suerte en su infinito viaje interestelar. Entre el alborozo y la tristeza se daba por concluida formalmente, el domingo 27 de agosto, la que muchos científicos han considerado la misión espacial más espectacular forjada por el hombre en este siglo, por encima incluso de la llegada de éste a la Luna. La sonda, tras acercarse a Neptuno y a su luna Tritón, que ha deslumbrado a los científicos, se dirige ahora hacia la heliopausa, la línea imaginaria donde se acaba la influencia del Sol y empieza otro mundo, quizá perteneciente a otra estrella, adonde llegará hacia el año 2012.

La travesía de la *Voyager 2* hasta Neptuno ha supuesto un nuevo hito en la historia de la exploración del espacio por el hombre. Ha sido el logro de la tecnología y del conocimiento. Ahora se conocen con más detalle los cuatro planetas gigantes del sistema solar y sus 23 nuevas lunas, observadas por vez primera, sus misteriosos anillos y dos torbellinos atmosféricos mayores que la Tierra. "Si queréis comprender la Tierra, id a ver otros mundos", ha dicho el científico norteamericano Carl Sagan como epílogo de esta aventura humana, y tras analizar, junto a un equipo de científicos, más de 80.000 fotografías enviadas por las gemelas viajeras.

Han sido más de 5400 millones de kilómetros siderales los que ha recorrido en 12 años esta nave espacial dando señales de vida. El artilugio de 825 kilos, tecnológicamente discreto, ha superado toda clase de riesgos y las mejores expectativas de operatividad que le otorgaban los técnicos. Tras cumplir las últimas órdenes de su misión, enviadas a su cansada memoria desde la estación de Robledo de Chavela, en Madrid, se dirige ahora a una velocidad supersónica hacia otras galaxias, con la esperanza de que alguna hipotética civilización encuentre el mensaje de los humanos que lleva a bordo.

Mensaje musical

En este curioso mensaje, grabado en un disco fonográfico, los llantos de un niño se mezclan con un fragmento de *La flauta mágica*, de Mozart, y un rock and roll de Chuck Berry. Es un mensaje a la americana, que también incluye una placa de aluminio donde están grabados los cuerpos de dos seres humanos desnudos, un dibujo que representa su sistema de reproducción y varias fórmulas matemáticas.

En el disco fonográfico se han registrado también otros sonidos de la Tierra, como el ladrido de un perro y el atasco en una ciudad, entre otros. Además, en él están registradas 118 fotografías de diversos paisajes terrestres, saludos en varios idiomas y mensajes de Jimmy Carter y Kurt Waldheim. En un estuche aparte lleva una aguja para que alguien, si lo encuentra, pueda escuchar y ver el contenido del disco.

Las tres baterías de plutonio que porta la sonda *Voyager 2* podrán proporcionarle energía hasta el año 2015 aproximadamente, fecha límite para que las estaciones de satélites de la Tierra puedan mantener aún algún tipo de contacto radioeléctrico con ella. Se habrá cumplido entonces la última misión interestelar de esta máquina fantástica.

Desde la llegada del *Apolo XI* a la Luna, el 21 de julio de 1969, ninguna misión espacial norteamericana había tenido tanto impacto entre la opinión pública mundial como el que proporcionó, el pasado 25 de agosto de madrugada, la sonda *Voyager 2* al aproximarse a sólo 4800 kilómetros de la atmósfera del planeta Neptuno. En los años sesenta, la década dorada para Estados Unidos en el espacio, además de llegar a la Luna, los norteamericanos también exploraron Mercurio, Venus y Marte con naves automáticas.

Los científicos de la agencia espacial norteamericana NASA sabían que entre 1976 y 1979 todos los planetas exteriores de nuestro sistema solar se alinearían sobre un mismo plano.

Este hecho sólo se produce cada 176 años. Por esta razón un equipo de científicos propuso un proyecto denominado *El gran viaje*, que pretendía enviar cuatro naves automáticas a explorar los cuatro grandes planetas de nuestro sistema solar. Pero por entonces la administración de Richard Nixon ya había decidido reducir drásticamente los gastos del espacio. Al final sólo se construyeron dos sondas gemelas, la *Voyager I* y la *Voyager 2*.

El programa ha costado poco más de 860 millones de dólares, menos de lo que cuestan dos superbombarderos *invisibles*, y ha servido, entre otras cosas, para mostrar al mundo la extraña belleza y el misterio de nuestros vecinos planetas gigantes y sus satélites.

Pero lo más sorprendente es que esta aventura haya sido realizada por un aparato automático, un robot, provisto de seis pequeños ordenadores, con una capacidad de almacenamiento de información de 540 millones de *bits* —capacidad relativamente pequeña en comparación con la de los ordenadores actuales—,dos cámaras de televisión (telefoto y gran angular), un fotopolarímetro, una antena parabólica de 3,7 metros de diámetro y 11 instrumentos científicos.

Entre éstos cabe destacar los detectores de plasma y rayos cósmicos, los sensores de infrarrojo y ultravioleta, varias antenas y un magnetómetro para registrar las condiciones que rodean a los planetas. Con el éxito de esta misión se ha cuestionado una vez más la necesidad o no de las misiones tripuladas, mucho más costosas y de resultados quizá menos significativos.

A lo largo de estos difíciles 12 años de viaje, y olvidada por la gran mayoría, la sonda *Voyager 2* sufrió algunos desperfectos que, sin embargo, no le impidieron en ningún momento seguir desempeñando notablemente su labor. Perdió parte de su memoria y la capacidad de sus sensores disminuyó. Incluso el engranaje de una de sus torretas quedó atascado. Pero los técnicos de Pasadena no cejaron en su empeño y lograron desde tierra darle las órdenes oportunas para que actuara de forma adecuada y en el momento justo.

Se puede decir que su memoria fue transplantada casi por completo en su trayectoria de Saturno a Urano, una labor de alta tecnología que ha recibido una respuesta no menos calificada por parte de los cerebros electrónicos de la sonda. Programados en un principio para recoger datos sobre Júpiter y Saturno, las computadoras de a bordo fueron reprogramadas para subsanar algunas anomalías y para que pudieran continuar viaje hacia Urano y Neptuno.

A pesar de estas dificultades, la *Voyager 2*, lanzada al espacio el 20 de agosto de 1977 desde Cabo Cañaveral (Florida), y la *Voyager I*, enviada tras los pasos de su gemela dos semanas más tarde, han enviado a la Tierra en estos 12 años miles de fotografías y datos y más información sobre los planetas exteriores de nuestro sistema solar y sus satélites que la recogida desde la época de Galileo con todos los telescopios terrestres.

La sonda *Voyager I* tenía la misión de visitar Júpiter, Saturno y Titán. En 1979, con algunos meses de intervalo, ambas naves espaciales llegaron a Júpiter. En este planeta descubrieron su turbulenta atmósfera y fueron testigos de la existencia de una gran mancha roja, que puede ser el núcleo de un fenómeno tormentoso de inmensas proporciones. La atmósfera de este planeta es muy densa y no ha sido posible indagar en su superficie. La NASA enviará el próximo 12 de octubre hacia Júpiter a la sonda *Galileo*, que se quedará para penetrar en su tupida atmósfera.

Mitología y volcanes

Uno de los descubrimientos más espectaculares de las gemelas viajeras fue la actividad volcánica en el satélite Io. Hasta ese momento no se conocía la existencia de volcanes activos en otro cuerpo celeste que no fuera la Tierra. Los anillos de Júpiter, compuestos de finas partículas de polvo, hielo y rocas, fueron observados con detalle por vez primera, así como sus mitológicos satélites Calisto, Ganímedes, Europa, Io y Amalthea. Estos extraños cuerpos, bien diferenciados, dejaron en las retinas de las sondas espaciales sus huellas y su aspecto vivo unos y su cara pálida, gélida, pétrea y rasgada otros. También se descubrió un campo magnético de baja intensidad entre Io y Júpiter. En las proximidades de Saturno, entre 1980 y 1981, las viajeras se encontraron con los anillos de ese planeta, compuestos de raras partículas. Entre esos anillos y en sus inmediaciones hallaron siete nuevas lunas desconocidas hasta ahora.

La *Voyager I*, que llevaba una trayectoria más rápida que su gemela, se dirigió hacia Titán, el único satélite del sistema solar, junto con Tritón, que posee atmósfera. La densidad de ésta, compuesta sobre todo de nitrógeno y metano, impidió a la sonda penetrar en los misterios de esta luna de Saturno, pero los científicos creen que una combinación de algunos compuestos que existen en su superficie helada podrían dar origen a ciertas moléculas orgánicas, tal como ocurrió en la Tierra hace millones de años. También opinan que podría haber allí chubascos de hidrocarburos que caerían lentamente sobre mares de etano y metano. Un paisaje sin duda digno de *2001, Odisea del espacio*, de Arthur C. Clarke. La sonda *Cassini*, de la Agencia Espacial Europea (ESA), visitará este satélite a partir de octubre del año 2002.

Con el acercamiento de la *Voyager 2* a Neptuno y la proximidad del final de esta larga travesía se desató el interés internacional. Neptuno, descubierto en 1846 por el astrónomo alemán Johann Galle, era el gran desconocido, pero gracias a esta sonda estadounidense ya no lo es tanto. Su color azul grisáceo y la enorme mancha azul oscura que captaron las cámaras del *Voyager 2* en su ecuador, al parecer una turbulencia gigante de características parecidas a la de Júpiter, han maravillado a los científicos e impresionado a los mortales humanos, que habían dejado ya de interesarse por el espacio. Los aparatos de la nave han captado vientos en la atmósfera de Neptuno de hasta 1120 kilómetros por hora.

Neptuno ha sorprendido además con los anillos que lo rodean, entre tres y cinco (los científicos no acaban de ponerse de acuerdo al respecto) que en un principio parecían incompletos, pero que fotografías posteriores han mostrado que no lo eran. También se hallaron seis nuevas lunas, además de las ya conocidas Nereida y Tritón. Una de ellas, la *1989 N1*, tiene un cráter de 385 kilómetros de ancho, debido tal vez al impacto de algún meteorito. En el campo magnético de Neptuno, la *Voyager 2* se encontró con una especie de tormenta persistente de micropartículas que pudo poner en peligro sus mecanismos, pero, como en las mejores películas de ficción científica, salió ilesa. Los polos magnéticos de Neptuno están inclinados 50 grados con relación a los polos sobre los que gira el planeta, que lo hace una vez cada 16 horas.

Por último, y como si esta odisea no pudiera terminar de otro modo, la sonda *Voyager 2* captó en su despedida las imágenes más intrigantes de todo su periplo. Las fotografías de Tritón, el satélite díscolo que gira al contrario del resto de los cuerpos celestes conocidos, le han coronado de un halo de misterio mayor aun que el que ya poseía. Los corazones de más de un centenar de científicos que seguían desde Pasadena este episodio se encogieron por momentos. Todo hace pensar que Tritón es sin duda diferente. El gélido Plutón y su luna Caronte que andaban en otra órbita jugando a las escondidas, se escaparon de los ojos curiosos de la peregrina *Voyager 2*.



Júpiter de cerca: foto tomada por el Voyager a apenas 2128 millones de kilómetros.

800 kilos heridos

La primera fase de la exploración del sistema solar exterior acabó no porque el *Voyager II* se haya quedado sin baterías sino porque se quedó sin planetas: tras haber fotografiado a Neptuno y sus satélites, su vida útil puede ser todavía de entre 20 y 50 años. Dependerá de la suerte y de lo que se le pida hacer.

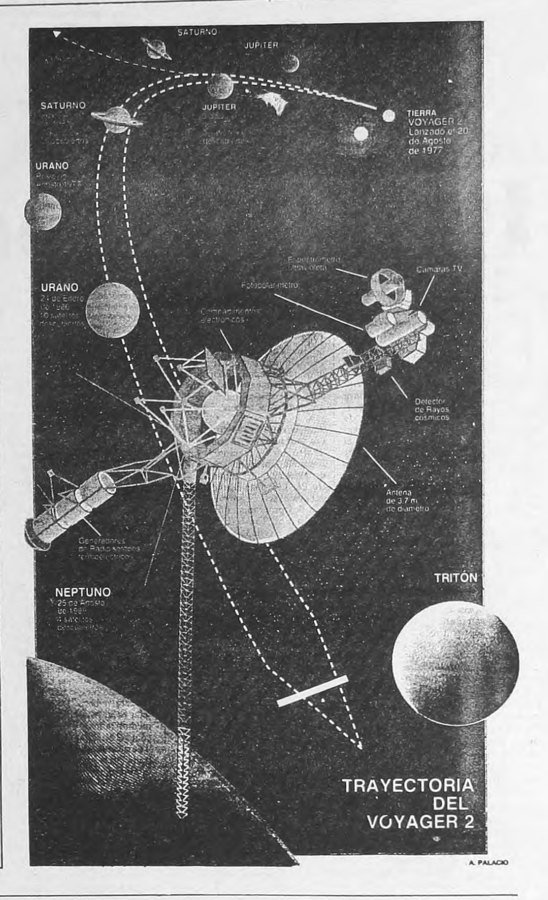
El rendimiento de este robot explorador de 800 kilos, desde que fue lanzado al espacio hace doce años, ha dejado atónitos incluso a los científicos que lo fabricaron. Como su melliza el *Voyager I* (que fue lanzada quince días después) el *Voyager II* fue diseñado para una vida útil segunda de cinco años con la que sólo hubiera alcanzado Saturno en 1981. Su paso y registro de Urano y Neptuno fueron pura ganancia.

Ad astra per aspera (literalmente en latín, hacia las estrellas por el camino difícil) hubiera sido un buen provecho para aplicarle al *Voyager II*. Semanas después de su partida, el 20 de agosto de 1977, sufrió el primero de una serie de desperfectos que pusieron en peligro toda la misión. Millones de kilómetros recorridos fuera de control con técnicos que desde la tierra se desesperaban por saber qué se podía hacer con el control remoto para reencaminar esas computadoras de la sonda que hoy nos parecen tan precarias.

Cualquier computadora mediana de hoy de apenas 700 dólares de precio ofrece ocho veces más memoria que el trío de multimillonarias ordenadoras que guió al *Voyager* a través del sistema solar.

En el mundo de la alta tecnología apenas sorprende que una máquina de doce años de edad sea considerada anticuada. Mucho más sorprendente en cambio es el pequeño número de componentes que hubiera sido reemplazado por los expertos si dicha máquina hubiera sido diseñada de nuevo. Charles Kohlhase, que estuvo a cargo de la planificación del proyecto *Voyager*, hacia mediados de los años 70, ha dicho que pocas son las piezas que le cambiaría a la sonda, a pesar de los adelantos que en estos doce años trajo la tecnología de punta: nuevas cámaras y lentes de televisión, para tomar imágenes, con mayor definición y, sobre todo, una computadora con mayor memoria, que suplante por un megabyte la memoria original del *Voyager* de 65 kilobytes.

Con todo, con ese equipo que hoy parece modesto, el *Voyager II* poco menos devolvió a los astrónomos a las aulas al darles vuelta la mayor pate de las hipótesis que con los telescopios habían forjado sobre Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Sobre este último, sin ir más lejos, valga la ironía, reveló nada menos que era azul y no verde como se creía. Neptuno, Dios de los océanos, al fin y al cabo le dio su nombre a un planeta que se lo merecía.



Carbono y compañía

Durante años se creyó que los planetas con climas templados, semejantes al de la Tierra, eran poco frecuentes en nuestra galaxia. Sin embargo, actualmente, los resultados de una serie de estudios efectuados por un equipo de investigadores de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos (NASA) parecen sugerir que, de existir planetas fuera de nuestro sistema solar, muchos de ellos podrían ser habitables.

En un reciente número de la revista *Scientific American*, se señala que utilizando modelos de simulación climática obtenidos por computadora, los científicos James F. Kasting, Owen B. Toom y James F. Pollak, del Centro de Investigaciones Ames de la NASA, habrían esclarecido el importantísimo rol jugado por el dióxido de carbono —un gas atmosférico con capacidad de dar soporte a la vida— en la evolución del clima de la Tierra, Venus y Marte, cimentando las bases de una nueva teoría acerca de la posible habitabilidad de otros planetas.

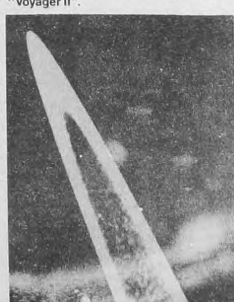
En efecto, partiendo de estudios comparativos basados en la historia climatológica de los planetas aludidos, los investigadores afirman que "si bien es posible aceptar que la Tierra, con una temperatura media de 15 grados centígrados se formó azarosamente a la distancia ideal del sol (ni Venus con sus 460 grados centígrados, ni Marte con sus 60 grados centígrados bajo cero poseen las condiciones térmicas necesarias para albergar un elemento crucial para la vida, como es el agua en su estado líquido), no debe en cambio atribuirse a la casualidad toda la explicación de las temperaturas imperantes en cada uno de estos planetas.

De acuerdo con la opinión del grupo de investigadores de la NASA, tanto la Tierra como Venus y Marte —formados tras la colisión mutua de grandes cuerpos celestes conocidos como planetésimos— fueron, en sus inicios, semejantes en muchos aspectos. Presentaban minerales parecidos en la superficie y gases similares en su atmósfera (entre ellos el dióxido de carbono y el vapor de agua). Además, los tres planetas vecinos poseían un clima templado que les permitía mantener en su superficie agua en estado líquido. "Si adquirieron luego climas espectacularmente distintos —comentan los científicos—, esto se debió en gran parte a la diferente capacidad que tuvo cada planeta para crear un ciclo de dióxido de carbono entre la corteza y la atmósfera".

El dióxido de carbono o anhídrido carbónico, como el vapor de agua y otras sustancias, constituye lo que se ha dado en llamar técnicamente un gas "invernadero": permite el paso de la radiación solar hacia la superficie del planeta pero intercepta la radiación infrarroja (térmica) que el planeta emite hacia el espacio y remite parte de este calor nuevamente hacia la superficie, aumentando la temperatura de la misma.

Según los investigadores, el mecanismo de realimentación del dióxido de carbono, que ha ayudado a estabilizar el clima de la Tierra durante los últimos 4500 millones de años, actuaría —de manera general— en un planeta de tamaño similar al nuestro, que se encontrara a una distancia aun más lejana del sol. "De acuerdo con nuestra teoría —señalan los científicos—, un planeta del tamaño de la Tierra situado en la órbita de Marte debería contar con una pequeña cantidad de dióxido de carbono en su atmósfera y una temperatura media en superficie por encima del punto de congelación. Esa atmósfera, aunque irrespirable para los humanos, sería capaz de mantener algunas formas de vida".

Los anillos de Júpiter descubiertos por el "Voyager I" aquí fotografiados por el "Voyager II".



era

800 kilos heridos

La primera fase de la exploración del sistema solar exterior acabó no porque el *Voyager II* se hayá quedado sin baterías sino porque se quedó sin planetas: tras haber fotografiado a Neptuno y sus satélites, su vida útil puede ser todavía de entre 20 y 50 años. Dependerá de la suerte y de lo que se le pida hacer.

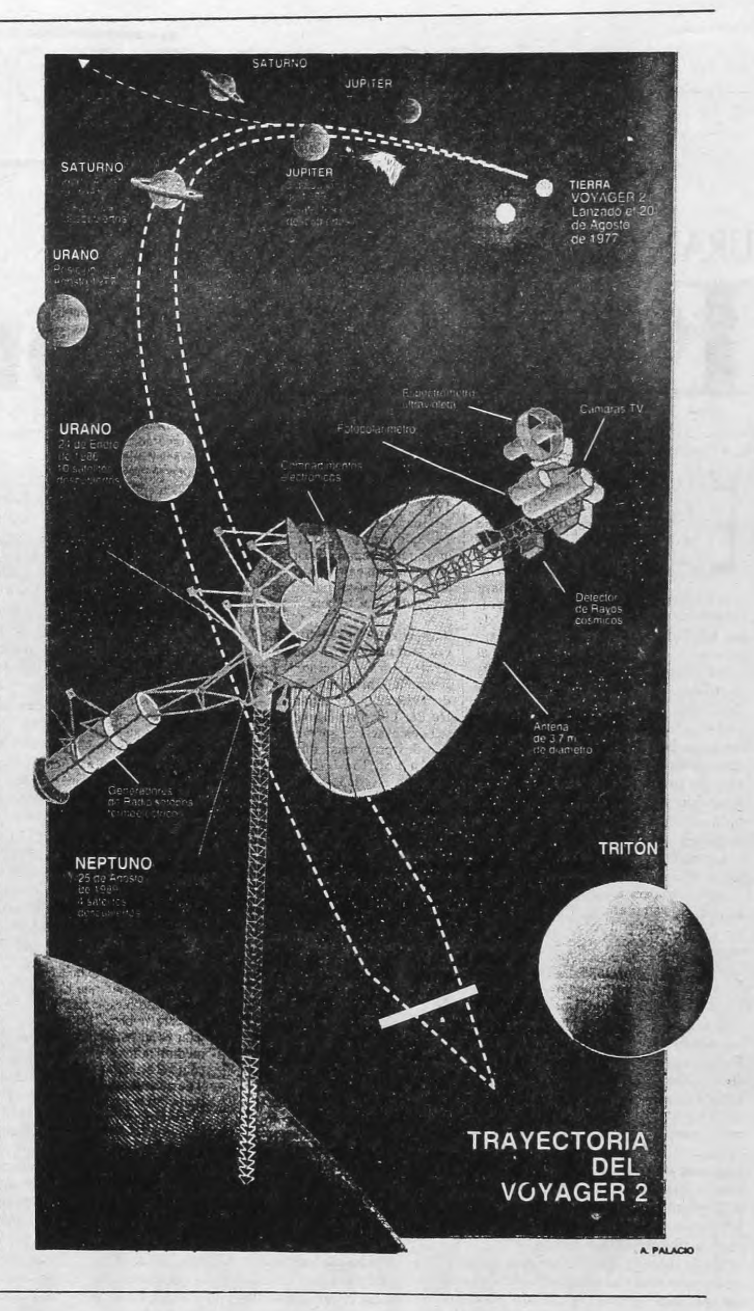
El rendimiento de este robot explorador de 800 kilos, desde que fue lanzado al espacio hace doce años, ha dejado atónitos incluso a los científicos que lo fabricaron. Como su melliza el *Voyager I* (que fue lanzada quince días después) el *Voyager II* fue diseñado para una vida útil segunda de cinco años con la que sólo hubiera alcanzado Saturno en 1981. Su paso y registro de Urano y Neptuno fueron pura ganancia.

Ad astra per aspera (literalmente en latín, hacia las estrellas por el camino difícil) hubiera sido un buen provecho para aplicarle al *Voyager II*. Semanas después de su partida, el 20 de agosto de 1977, sufrió el primero de una serie de desperfectos que pusieron en peligro toda la misión. Millones de kilómetros recorridos fuera de control con técnicos que desde la tierra se desesperaban por saber qué se podía hacer con el control remoto para reencaminar esas computadoras de la sonda que hoy nos parecen tan precarias.

Cualquier computadora mediana de hoy de apenas 700 dólares de precio ofrece ocho veces más memoria que el trío de multimillonarias ordenadoras que guió al *Voyager* a través del sistema solar.

En el mundo de la alta tecnología apenas sorprende que una máquina de doce años de edad sea considerada anticuada. Mucho más sorprendente en cambio es el pequeño número de componentes que hubiera sido reemplazado por los expertos si dicha máquina hubiera sido diseñada de nuevo. Charles Kohlhase, que estuvo a cargo de la planificación del proyecto *Voyager*, hacia mediados de los años 70, ha dicho que pocas son las piezas que le cambiaría a la sonda, a pesar de los adelantos que en estos doce años trajo la tecnología de punta: nuevas cámaras y lentes de televisión, para tomar imágenes, con mayor definición y, sobre todo, una computadora con mayor memoria, que suplante por un megabyte la memoria original del *Voyager* de 65 kilobytes.

Con todo, con ese equipo que hoy parece modesto, el *Voyager II* poco menos devolvió a los astrónomos a las aulas al darles vuelta la mayor pate de las hipótesis que con los telescopios habían forjado sobre Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Sobre este último, sin ir más lejos, valga la ironía, reveló nada menos que era azul y no verde como se creía. Neptuno, Dios de los océanos, al fin y al cabo le dio su nombre a un planeta que se lo merecía.



grisáceo y la enorme mancha azul oscura que captaron las cámaras del *Voyager 2* en su ecuador, al parecer una turbulencia gigante de características parecidas a la de Júpiter, han maravillado a los científicos e impresionado a los mortales humanos, que habían dejado ya de interesarse por el espacio. Los aparatos de la nave han captado vientos en la atmósfera de Neptuno de hasta 1120 kilómetros por hora.

Neptuno ha sorprendido además con los anillos que lo rodean, entre tres y cinco (los científicos no acaban de ponerse de acuerdo al respecto) que en un principio parecían incompletos, pero que fotografías posteriores han mostrado que no lo eran. También se hallaron seis nuevas lunas, además de las ya conocidas Nereida y Tritón. Una de ellas, la *1989 N1*, tiene un cráter de 385 kilómetros de ancho, debido tal vez al impacto de algún meteorito. En el campo magnético de Neptuno, la *Voyager 2* se encontró con una especie de tormenta persistente de micropartículas que pudo poner en peligro sus mecanismos, pero, como en las mejores películas de ficción científica, salió ilesa. Los polos magnéticos de Neptuno están inclinados 50 grados con relación a los polos sobre los que gira el planeta, que lo hace una vez cada 16 horas.

Por último, y como si esta odisea no pudiera terminar de otro modo, la sonda *Voyager 2* captó en su despedida las imágenes más intrigantes de todo su periplo. Las fotografías de Tritón, el satélite díscolo que gira al contrario del resto de los cuerpos celestes conocidos, le han coronado de un halo de misterio mayor aun que el que ya poseía. Los corazones de más de un centenar de científicos que seguían desde Pasadena este episodio se encogieron por momentos. Todo hace pensar que Tritón es sin duda diferente. El gélido Plutón y su luna Caronte que andaban en otra órbita jugando a las escondidas, se escaparon de los ojos curiosos de la peregrina *Voyager 2*.

Carbono y compañía

Durante años se creyó que los planetas con climas templados, semejantes al de la Tierra, eran poco frecuentes en nuestra galaxia. Sin embargo, actualmente, los resultados de una serie de estudios efectuados por un equipo de investigadores de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos (NASA) parecen sugerir que, de existir planetas fuera de nuestro sistema solar, muchos de ellos podrían ser habitables.

En un reciente número de la revista *Scientific American*, se señala que utilizando modelos de simulación climática obtenidos por computadora, los científicos James F. Kasting, Owen B. Toom y James F. Pollak, del Centro de Investigaciones Ames de la NASA, habrían esclarecido el importantísimo rol jugado por el dióxido de carbono —un gas atmosférico con capacidad de dar soporte a la vida— en la evolución del clima de la Tierra, Venus y Marte, cimentando las bases de una nueva teoría acerca de la posible habitabilidad de otros planetas.

En efecto, partiendo de estudios comparativos basados en la historia climatológica de los planetas aludidos, los investigadores afirman que "si bien es posible aceptar que la Tierra, con una temperatura media de 15 grados centígrados se formó azarosamente a la distancia ideal del sol (ni Venus con sus 460 grados centígrados, ni Marte con sus 60 grados centígrados bajo cero poseen las condiciones térmicas necesarias para albergar un elemento crucial para la vida, como es el agua en su estado líquido), no debe en cambio atribuirse a la casualidad toda la explicación de las temperaturas imperantes en cada uno de estos planetas.

De acuerdo con la opinión del grupo de investigadores de la NASA, tanto la Tierra como Venus y Marte —formados tras la colisión mutua de grandes cuerpos celestes conocidos como planetésimos— fueron, en sus inicios, semejantes en muchos aspectos. Presentaban minerales parecidos en la superficie y gases similares en su atmósfera (entre ellos el dióxido de carbono y el vapor de agua). Además, los tres planetas vecinos poseían un clima templado que les permitía mantener en su superficie agua en estado líquido. "Si adquirieron luego climas espectacularmente distintos —comentan los científicos—, esto se debió en gran parte a la diferente capacidad que tuvo cada planeta para crear un ciclo de dióxido de carbono entre la corteza y la atmósfera".

Los anillos de Júpiter descubiertos por el "Voyager I" aquí fotografiados por el "Voyager II".



El dióxido de carbono o anhídrido carbónico, como el vapor de agua y otras sustancias, constituye lo que se ha dado en llamar técnicamente un gas "invernadero": permite el paso de la radiación solar hacia la superficie del planeta pero intercepta la radiación infrarroja (térmica) que el planeta emite hacia el espacio y remite parte de este calor nuevamente hacia la superficie, aumentando la temperatura de la misma.

Según los investigadores, el mecanismo de realimentación del dióxido de carbono, que ha ayudado a estabilizar el clima de la Tierra durante los últimos 4500 millones de años, actuaría —de manera general— en un planeta de tamaño similar al nuestro, que se encontrara a una distancia aun más lejana del sol. "De acuerdo con nuestra teoría —señalan los científicos—, un planeta del tamaño de la Tierra situado en la órbita de Marte debería contar con una pequeña cantidad de dióxido de carbono en su atmósfera y una temperatura media en superficie por encima del punto de congelación. Esa atmósfera, aunque irrespirable para los humanos, sería capaz de mantener algunas formas de vida".

0/12/3

URANO

El planeta torcido



Urano iluminado por el débil sol en una de las fotos enviadas por el Voyager II. Atrás, uno de sus satélites.

Por Isaac Asimov

En 1977 se lanzaron al espacio dos sondas, el "Voyager I" y "Voyager II" y se enviaron hacia Júpiter y Saturno a fin de estudiar estos planetas gigantes. Pasaron delante de Júpiter en 1979 y delante de Saturno en 1980, y funcionaron bien. Después de esto, el "Voyager I" se separó del plano planetario y se puso a vagar indefinidamente a través del abismo del espacio.

Una persona nacida en los polos de Urano sería un adulto antes de ver su primer crepúsculo y anciano al amanecer. En este fragmento de "La relatividad del error" (Editorial Planeta, próxima aparición) Isaac Asimov recapitula lo que el Voyager II reveló sobre el planeta más inclinado del sistema solar.

No obstante la trayectoria del "Voyager II" se redireccionó para que la sonda pasara cerca de dos planetas todavía más alejados: Urano y Neptuno. No sólo esto, sino que los aparatos de la nave se prepararon con una serie de inteligentes maniobras de modo que al llegar finalmente a Urano estuviera mejor equipado para estudiar el planeta de lo que hubiera estado después de su lanzamiento inicial en 1977.

Urano es bastante más pequeño que Júpiter o Saturno. El diámetro de Urano es de 51.000 kilómetros, sólo unas tres séptimas partes del diámetro de Saturno y un tercio aproximadamente del de Júpiter. De todos modos es seis veces y media más grande que la Tierra, y por lo tanto continúa siendo un "gigante gaseoso".

La mayoría de los planetas tienen ejes de rotación que forman ángulos más o menos rectos con sus planos orbitales de traslación alrededor del Sol. Dicho con otras palabras, si miramos hacia el planeta en el cielo, su eje de rotación está en posición más o menos vertical. Generalmente hay una pequeña inclinación. Venus y Júpiter tienen ejes que se desvían en tres grados de la vertical; la Tierra tiene una inclinación de 23,5 grados; Marte, una inclinación de 24 grados; Saturno, de casi 27 grados; Neptuno, de casi 29 grados. La inclinación axial de Mercurio es incierta, pero es algo inferior a 28 grados.

Es de suponer que si el sistema planetario se formó a partir de una gran nube de polvo y de gas que giraba formando remolinos y subremolinos, todos los ejes planetarios deberían ser exactamente perpendiculares al plano de la órbita alrededor del Sol.

Sin embargo los planetas se formaron por la agregación de objetos subplanetarios. Si estos objetos llegaron desde todas las direcciones indistintamente, sus ejes continuarían siendo perpendiculares. Es probable, no obstante, que la dirección de los últimos choques, los mayores, no se equilibraran uniformemente, de modo que los ejes quedaron algo desviados de la perpendicular en proporciones aleatorias.

En tal caso Urano debió de recibir uno o más golpes terribles cuando estaba formándose, y procedentes casualmente de la misma dirección, más o menos, porque su eje está inclinado formando un ángulo colosal de 98 grados, algo más de un ángulo recto.

Esto significa que Urano gira inclinado y de lado alrededor de su eje y que cuando observamos el planeta en el cielo vemos su eje extendiéndose de izquierda a derecha y no de arriba abajo.

Urano da una vuelta al Sol en 84 años, y debido a la inclinación de su eje, desde el hemisferio norte se ve el Sol que sube en espiral hacia el cenit para descender luego hasta el horizonte durante media revolución, mientras que en el hemisferio sur se ve lo mismo durante la otra mitad de su revolución.

Si estuviéramos situados en el polo norte de Urano (o en el polo sur), veríamos el Sol salir por algún punto del horizonte y subir luego lentamente por la bóveda celeste hasta que al cabo de unos veintiún años (!) lo tendríamos casi encima de nuestras cabezas. Luego descendería durante veintiún años más, poniéndose finalmente en el punto opuesto del horizonte, después de haber permanecido en el cielo durante cuarenta y dos años. Pasarían luego cuarenta y dos años más hasta que volviera a salir.

Una persona nacida en los polos de Urano sería una adulto de mediana edad cuando el Sol se pusiera y un anciano cuando se produjera la segunda salida del Sol.

En el momento actual, en los cielos de Urano el Sol está casi en el cenit sobre el polo sur del planeta. Dicho de otro modo, el polo sur está apuntando casi directamente hacia la Tierra y el Sol. (Tiene que apuntar hacia ambos astros, porque desde Urano la Tierra nunca se separa del Sol más de tres grados.)

Cuando finalizaba el año de 1985, el "Voyager II" se estaba aproximando a Urano y se estaba preparando para tomar sus fotografías y llevar a cabo sus mediciones. Había recorrido unos 10.500 millones de kilómetros para llegar hasta allí. (Urano está a sólo 2750 millones de kilómetros de nosotros en línea recta; sin embargo, el "Voyager II" no volaba en línea recta sino que recorría arcos abiertos en respuesta a la atracción gravitatoria del Sol, de Júpiter y de Saturno, y al movimiento original de la Tierra en el momento del lanzamiento.)

El "Voyager II" después de haber recorrido todo este camino, se encontró con un panorama bastante oscuro. La intensidad de la luz del Sol, tan distante en Urano, es 1/4 de la intensidad en Saturno, 1/13 de la intensidad en Júpiter y 1/368 de la intensidad en la Tierra. Delante de Saturno bastaba con exposiciones de quince segundos, pero en Urano se necesitaban exposiciones de casi cien segundos. Esto significa que había menos tiempo para hacer fotografías y más posibilidades de que quedaran borrosas.

El aspecto de Urano era azulado y casi sin rasgos. Esto no era totalmente nuevo. Cuanto más lejos del Sol está un planeta, menos calor recibe y menor es la diferencia de temperatura entre las distintas partes de la superficie planetaria. Es la diferencia de temperaturas lo que alimenta la circulación atmosférica y produce nubes visibles y tempestades. A consecuencia de esta circulación, la atmósfera de Júpiter está llena de bandas y torturada, pero la de Saturno lo es menos y Urano está casi quieto.

Cuando el "Voyager II" se estaba acercando a Urano, pareció al principio que el planeta carecíera de campo magnético. Esto fue una gran sorpresa porque se esperaba la existencia de un campo si un planeta tenía una rotación rápida y un interior eléctricamente conductor. Puesto que Júpiter y Saturno tienen campos magnéticos, parecía seguro que Urano también tendría uno. Si Urano carecía de él, se necesitaría alguna razón de peso que lo explicara.

Los astrónomos, por suerte, se ahorraron el problema El "Voyager II" se estaba acercando desde el lado del Sol y la observación del campo magnético estaba bloqueada por los electrones de la ionosfera de Urano. Cuando el "Voyager II" alcanzó un punto situado a 470.000 kilómetros del centro de Urano, entró en la magnetosfera planetaria. El campo magnético existía; era cincuenta veces más intenso que el de la Tierra y se extendía a gran distancia en la cara nocturna. Todo era como debía ser.

Bueno, casi todo. El eje magnético está generalmente inclinado en relación con el eje de rotación y el eje magnético no pasa necesariamente por el centro gravitatorio del planeta. (No se ha descubierto todavía una explicación satisfactoria de este hecho.)

Sin embargo, la situación en el caso de Urano es exagerada. El eje magnético está inclinado no menos de 60 grados con respecto al eje de rotación, y el centro del eje magnético está a 8000 kilómetros del centro del planeta. Ignoramos a qué se debe este extraordinario desplazamiento, pero quizá tiene alguna relación con la inclinaión, igualmente extraordinaria, del eje de rotación.

El "Voyager II" pasó entre los anillos del planeta y su satélite más interior (según se observa desde la Tierra): Miranda. A las cinco de la tarde del 24 de enero de 1986 pasó por el punto de máxima aproximación a Miranda, alcanzando una distancia de 28.000 kilómetros de la superficie del satélite. Transcurrida menos de una hora, pasó por el punto más cercano a Urano, alcanzando una distancia de 81.500 kilómetros de la capa de nubes de Urano. Pasó por estos puntos próximos a pocos segundos del horario previsto y a sólo dieciséis kilómetros de la trayectoria fijada. La precisión fue extraordinaria.

Estudios realizados desde la superficie terrestre permitieron descubrir en 1977 nueve delgados anillos alrededor de Urano. Este resultado se consiguió estudiando a Urano cuando pasaba muy cerca de una estrella y observando el parpadeo de la estrella cuando los anillos pasaban delante de ésta.

El "Voyager II" demostró que los nueve anillos existían realmente y descubrió un décimo anillo entre el octavo y el noveno, contando desde Urano. El nuevo anillo es muy delgado y débil y no hubiese sido posible observarlo desde la Tierra.

Los anillos de Urano, tal como se había comprobado incluso en observaciones desde la Tierra, están compuestos de partículas oscuras. Esto quizá no sea de extrañar. Los cuerpos menores del sistema solar exterior tienden a ser helados, y el hielo (normalmente es hielo de agua, pero tiene quizá componentes menores de amoníaco y metano) está mezclado con materiales rocosos de distintos tamaños.

Estos objetos helados pueden sufrir dos procesos que los oscurezcan. En primer lugar, pueden perder lentamente el hielo por evaporación sin perder al mismo tiempo sus materiales rocosos. A lo largo de las eras, después de miles de millones de años, los objetos pequeños tienden a tener menos hielo y a quedar recubiertos por una corteza de material rocoso que es más oscuro que el hielo y que impide que éste continúe evaporándose. En segundo lugar, el metano en el hielo puede polimerizarse lentamente y convertirse en sustancias negras y alquitranadas que contribuirán a oscurecer más la superficie.

Resulta también que mientras los anillos de Saturno están compuestos de partículas de todos los tamaños, desde polvo fino hasta casi montañas, los anillos de Urano están compuestos por objetos cuyo tamaño es comparable de modo relativamente uniforme al de una roca. Los anillos de Urano carecen prácticamente de polvo. Esta es una nueva e inexplicada diferencia entre Saturno y Urano, y me temo que el planeta raro a este respecto sea Saturno.

El "Voyager II" examinó los cinco satélites relativamente grandes de Urano. Oberón tiene una superficie con cráteres, con rayos brillantes que parten de ellos. Esto es bastante corriente. Sin embargo, los fondos de los cráteres son oscuros, y esto ya es menos normal.

Titania tiene no sólo cráteres, sino también valles de dislocación. Ariel tiene valles de dislocación todavía mayores y cañones. Este satélite, el más próximo a Urano, es, al parecer, el de superficie más torturada.

Miranda, visto de cerca, nos deparó una gran sorpresa. Su superficie supertorturada tiene un poco de todo. Tiene cañones como Marte, surcos como ganimedes, terrenos hundidos como Mercurio. Tiene además una serie de líneas oscuras, como un montón de tortas vistas de canto, un juego de surcos bien marcados como los de una pista de carreras, y un galón en forma de V.

Parece muy confuso que un cuerpo tan pequeño tenga una variedad tal de rasgos superficiales. Es demasiado pequeño para que sea geológicamente activo. Las ideas actuales apuntan en el sentido de que estuvo a punto de morir. Quizás algún cuerpo grande chocó con Miranda y lo redujo a pedazos. (El satélite de tamaño regular más interior de Saturno tiene un cráter tan grande que el impacto estuvo a punto de fragmentarlo.)

Una vez despedazado, Miranda debió reconstituirse de nuevo por la acción de su propia gravedad, pero no de modo ordenado. Los fragmentos se reunieron desde todas las direcciones y ahora el satélite presenta en su superficie el caos observable.



Antes de que el Voyager II llegara a Neptuno y fotografiara a su luna Tritón, se pensaba que Miranda, satélite de Urano, era el astro más misterioso del sistema solar.